

TARTU ÜLIKOOL
Sporditeaduste ja füsioteraapia instituut

Frederik Ross

**Vitamiin D manustamise ja 12-nädalase jõutreeningu mõju
lihasjõule vitamiin D vaeguses treenimata noortel meestel**

**Impact of vitamin-D supplementation and 12-week resistance training on muscle
strength in young untrained vitamin-D deficient men**

Magistritöö

Füsioteraapia õppekava

Juhendaja:

Prof, biol knd PhD V.Ööpik

Kaasjuhendaja:

PhD M.Mooses

Tartu, 2018

SISUKORD

KASUTATUD LÜHENDID	3
LÜHIÜLEVAADE.....	4
ABSTRACT	5
1. KIRJANDUSE ÜLEVAADE.....	6
1.1. Vitamiin D erinevad molekulaarsed vormid	6
1.2. Indiviidi vitamiin D staatuse hindamine.....	6
1.3. Vitamiin D optimaalne tase ja manustamine.....	7
1.4. Vitamiin D toimemehhanismid ja funktsioonid inimese organismis	8
1.5. Vitamiin D staatuse mõju lihaste jõule ja funktsioonile.....	9
1.6. Vitamiin D staatus ja jõutreeningu efektiivsus.....	10
2. TÖÖ EESMÄRK JA ÜLESANDED	12
3. TÖÖ METOODIKA.....	13
3.1. Vaatluselused.....	13
3.2. Uuringu korraldus.....	13
3.3. Uurimismeetodid	15
3.3.1. Antropomeetrilised mõõtmised	15
3.3.2. Biokeemiliste parameetrite määramine	16
3.3.3. Jõutreeningu efektiivsuse hindamine	16
3.4. Andmete statistiline analüüs.....	16
4. TÖÖ TULEMUSED.....	17
4.1. Vere biokeemilised parameetrid.....	17
4.2. Jõunäitajad.....	18
5. ARUTELU	23
6. JÄRELDUSED.....	26
KASUTATUD KIRJANDUS	27
LISA 1. Jõusaali harjutuskava.....	32
AUTORI LIHTLITSENTS	35

KASUTATUD LÜHENDID

1,25(OH)₂D – 1,25-dihüdroksüvitamiin D ehk kaltsitriool

25(OH)D – 25-hüdroksüvitamiin D ehk kaltsidiool

DBP – vitamiin D siduv valk (ingl. *vitamin D-binding protein*)

KM – kordusmaksimum

PLC – platseebo

VDR – vitamiin D retseptor

Vit-D – vitamiin D

LÜHIÜLEVAADE

Eesmärk: välja selgitada, kas vitamiin D manustamine toidulisandina mõjutab jõutreeningu efektiivsust noortel treenimata vitamiin D hüpovitaminoosiga meestel.

Metoodika: 25 treenimata vitamiin D hüpovitaminoosiga (seerumi 25(OH)D <60 nmol/l) noort (vanuses 18-30 aastat) meest jagati randomiseeritult kas vitamiin D gruppi (manustati igapäevaselt 8000 TÜ vitamiin D₃, n=13) või platseebogruppi (n=12). Kõik osalejad läbisid 12-nädalase jõutreeningu programmi, mis koosnes seitsmest erinevast kogu keha haaravast jõuharjutusest. Osalejatel hinnati seerumi 25(OH)D ja testosterooni kontsentratsiooni ning lihasjõudu (5 kordusmaksimumi testi põhjal) iga nelja nädala möödudes.

Tulemused: vitamiin D grupi 25(OH)D tase tõusis märkimisväärselt juba ühe kuu möödudes vitamiin D₃ manustamise algusest ning püsis eleveerituna kogu uuringu vältel. Platseebogrupis ei olnud märkimisväärselt 25(OH)D taseme muutust ühelgi mõõtmisel. 12-nädalase jõutreeningu käigus suurenesid oluliselt vaatlusaluste jõunäitajate tulemused ($p<0,05$), kuid ei erinenud oluliselt gruppide võrdluses.

Kokkuvõte: vitamiin D manustamisel puudub täiendav efekt lihasjõu näitajatele 12-nädalase jõutreeningu käigus.

Märksõnad: Vitamiin D manustamine, jõutreening, lihasjõud

ABSTRACT

Aim: the aim of the present study was to identify whether vitamin-D intake can improve resistance training effectiveness in young untrained vitamin D deficient men.

Methods: 25 untrained vitamin D deficient (serum 25(OH)D <60 nmol/l) young (age 18-30) men were randomized to either vitamin D group (daily supplementary intake of 8000 IU (*international unit*) vitamin D₃, n=13) or placebo group (n=12) and underwent 12 weeks of resistance training, consisting of 2 lower body and 5 upper body exercises. Serum 25(OH)D, testosterone levels and muscle strength (based on 5 repetition maximum test) were evaluated after every 4 weeks.

Results: Vitamin D group showed a significant improvement in serum 25(OH)D levels after 4 weeks of vitamin D₃ supplementation that remained elevated throughout the trial. Placebo group showed no significant changes in serum 25(OH)D concentrations during the whole period. After 12 weeks of resistance training, muscle strength increased significantly in both groups ($p < 0,05$) with no difference between placebo and vitamin D groups.

Conclusions: no additive effect of vitamin D supplementation could be detected during 12 weeks of resistance training on muscle strength in young men.

Keywords: Vitamin D supplementation, resistance training, muscle strength

1. KIRJANDUSE ÜLEVAADE

1.1. Vitamiin D erinevad molekulaarsed vormid

Kaks peamist vitamiin D vormi on vitamiin D₂ ja vitamiin D₃. Vitamiini D₂ (ergokaltsiferool) leidub peamiselt taimedes või lisandina toiduainetes, vitamiini D₃ (kolekaltsiferooli) seevastu suudab organism 7-dehüdrokolesteroolist ise nahas sünteesida. Mõlemat vormi sünteesitakse ka tööstuslikult ning neid kasutatakse nii toidulisandites kui ka toiduainete rikastamiseks. Vitamiinid D₂ ja D₃ erinevad vaid vähesel määral molekuli kõrvalahela struktuuri osas, kuid nende ainevahetus ja füsioloogilised funktsioonid on praktiliselt samad. Vitamiini D₂ ja D₃ aktiivsed vormid toimivad organismis analoogiliselt steroidhormoonidega. (IOM, 2011)

Toidust omastatud või nahas päikeseikiirguse toimetel sünteesitud vitamiin D aktiveerimine toimub läbi kahe ensümaatilise hüdroksüülimisreaktsiooni. Esimene neist leiab aset maksas, kus 25-hüdroksülaasi toimetel konverteeritakse vitamiin D kaltsidiooniks ehk 25(OH)D-ks. Verrega transporditakse kaltsidioon neerudesse ja konverteeritakse seal 1 α -hüdroksülaasi toimetel vitamiin D bioloogiliselt aktiivseks vormiks 1,25(OH)₂D-ks ehk kaltsitriooniks. Kaltsitriooni sünteesi neerudes reguleerivad kaks vastastöimelist hormooni: paratüreoidhormoon (PTH) stimuleerib ja fibroblastitaoline kasvufaktor-23 (FGF23) pärssib 1,25(OH)₂D sünteesi. Samuti intensiivistub kaltsitriooni süntees madala fosfori või kaltsiumi taseme puhul vereseerumis ning pidurdub kõrge taseme korral. (Bergwitz & Juppner, 2010)

1.2. Indiviidi vitamiin D staatuse hindamine

Kaltsidioon on oluliselt stabiilsem ühend kui kaltsitrioon. Kaltsidiooni poolväärtusaeg inimese organismis on umbes 30 päeva, mis võimaldab suvekuudel saavutatud vitamiin D taset teatud aega säilitada ka perioodil, kui päikesevalgust on vähem või päikesekiirte langemisnurk on liiga väike. Seevastu 1,25(OH)₂D poolväärtusaeg on kõigest ligikaudu 15 tundi. Seega on kaltsidiooni tase veres suhteliselt stabiilne, kuid kaltsitriooni tase võib olla ajas kiiresti muutuv. Samuti on kaltsidiooni kontsentratsioon seerumis umbes 500 kuni 1000 korda kõrgem kui kaltsitriooni kontsentratsioon. Tulenevalt nendest asjaoludest ning arvestades, et kaltsidioon on kaltsitriooni vahetu eellane, hinnatakse inimese vitamiin D staatust seerumi kaltsidiooni kontsentratsiooni alusel. Vitamiin D staatuse hindamine kaltsitriooni kontsentratsiooni alusel, võib teatud juhtudel anda täiesti ebaadekvaatse pildi organismi vitamiin D staatusest. Näiteks hüperparatüreoidismi korral on kaltsitriooni tase veres tüüpiliselt väga kõrge, vaatamata samaaegsele vitamiin D defitsiidile organismis. Nende

põhjuste tõttu on vitamiin D staatuse hindamise biomarkeriks valitud 25(OH)D. (Todd et al., 2015).

Varasemalt on kaltsidiooli taset mõõdetud peamiselt kõrgefektiivse vedelikkromatograafia (HPLC) ja radioimmuunanalüüsi (RIA) meetodeid kasutades. Viimase kümnendi jooksul on üheks enam kasutatavaks mooduseks radioimmunoloogiline meetod. (Hollis, 2010). Üheks kõige levinumaks laborites kasutatavaks 25(OH)D taseme määramise testiks on kujunenud kemoluminestsents-immuunmeetod (CLIA). (Wallace et al., 2010) Võrreldes vedelikkromatograafia meetodiga, on CLIA-l leitud 12% suurem tulemuste varieeruvus ning on oht vitamiin D puudulikkuse ülehindamiseks. Märkimisväärselt täpsemate tulemustega meetodiks loetakse vedelikkromatograafia koos massispektromeetriaga (LC-MS), kompenseerides mitmeid kemoluminestsents ja immunoloogiliste meetodite ebatäpsusi, näiteks eelkinnistumist D₃-le ning epimeeride ja isomeeride interferentseerumist (Snellmann et al., 2010). Uuemad vedelikkromatograafia koos tandem massispektromeetria (LC-MS/MS) meetodid, mis suudavad analüüsida kõiki D vitamiini vorme ja metaboliite samaaegselt, kasutades atmosfäärirõhulist fotoionisatsiooni tehnikat, on leitud olevat veelgi täpsemad. (Adamec, 2011; Snellmann et al., 2010)

Immunoloogiliste meetodite puhul on probleemiks peetud testide tundlikkust. Kromatograafia meetodid on spetsiifilisemad, kuid nende kasutamine on ebamugavam - nad on mitmeetapilised, vajavad kallimat aparatuuri ning kõrgema kvalifikatsiooniga personali. Neid on küll arendatud poolautomaatseteks ning automaatseteks, kuid üldjuhul on need protseduurid immunoloogiliste meetoditega võrreldes ajakulukamad.

Kokkuvõtlikult on immunoloogilised analüüsid, CLIA ja vedelikkromatograafia meetodid enam-vähem samaväärsed ning kõigil meetoditel on vajaminev tundlikkuse tase raske vitamiin D puuduse tuvastamiseks. (Wallace et al., 2010)

1.3. Vitamiin D optimaalne tase ja manustamine

Vitamiin D kogust, 25(OH)D kontsentratsiooni veres, tähistatakse üldjuhul ühikutes nanomool liitri kohta (nmol/l) või nanogramm milliliitri kohta (ng/ml), 1 ng/ml = 2,5 nmol/l ning vitamiin D kogust näiteks toidulisandites rahvusvahelistes ühikutes IU (ingl. *international units*), toimeühikutes (TÜ) või mikrogrammides (µg), 1 µg = 40 IU (IOM, 2011). Vitamiin D optimaalseks tasemeks peetakse seerumi 25(OH)D kontsentratsiooni > 50 nmol/l ning kontsentratsioonil alla 12 nmol/l on tegu vitamiin D ägeda puudusega (Ross et al., 2011). Optimaalse taseme saavutamiseks on vitamiin D päevane soovitatav tarbimise kogus täiskasvanutele 600-4000 TÜ (IOM, 2011). Lihaste funktsiooni seisukohast optimaalne

25(OH)D tase seerumis ei ole täpselt teada, kuid hinnanguliselt on see vahemikus 120-225 nmol/l (Heaney, 2011), mis eeldab tavapärasest suuremaid vitamiin D tarvitamise koguseid. Mitmetes sekkumisuuringutes manustatav vitamiin D kogus ületab seega oluliselt soovitatud normi, kuid seniste uuringute andmetel näiteks 10 000 TÜ vitamiin D igapäevase manustamisega pikema aja vältel terviseriske ei kaasne ning toksilisus on seni tõendatud üksnes juhtudel, kui kontsentratsioon on ületanud 600 nmol/l (Holick et al., 2011; Vieth 2007)

1.4. Vitamiin D toimetehhanismid ja funktsioonid inimese organismis

Vitamiin D bioloogiliselt aktiivne vorm on kaltsitriool. Veres transporditakse kaltsitriooli vitamiin D-d siduva valguga (DBP) (Jurutka et al., 2001). Kaltsitriool toimib organismis analoogiliselt steroidhormoonidega rakutuumas paiknevate retseptorite kaudu. Seondudes vitamiin D retseptoriga (VDR), reguleerib kaltsitriool geeniekspressiooni transkriptsiooni tasandil (Bikle, 2014). VDR-e on leitud peaaegu kõikides kudedes (IOM, 2011). Kaltsitriool võib toimida ka mittegenoomselt rakumembraanis paiknevate VDR-ide kaudu, reguleerides rakusiseste signaalide ülekannet ja ioonkanalite seisundit (Bikle, 2014)

Kaltsitriooli kõige tuntum funktsioon on vere kaltsiumi- ja fosforisisalduse homeostaasi regulatsioon, tagades seeläbi luude arengu ja tervise (IOM, 2011). Vitamiin D retseptoreid on leitud aga ka kudedes, mis ei ole seotud kaltsiumi- ja fosforisisalduse regulatsiooniga ning see on andnud alust arvata, et kaltsitriooli funktsioon võib olla palju laialdasem või et VDR-i võivad aktiveerida ka muud signaalmolekulid peale kaltsitriooli (Adams & Hewison, 2008). Vitamiin D tundlikke elemente on leitud inimesel mitmetes geenides, mis reguleerivad näiteks rakkude proliferatsiooni, diferentseerumist ja apoptoosi, mille tõttu on kaltsitrioolil arvatud olevat ka immunomodulatiivne ja proliferatiivne toime ning see võib mängida olulist ennetavat ja ravivat rolli näiteks kasvaja, autoimmuunhaiguste, südamehaiguste, nakkushaiguste ja põletikuliste haiguste puhul. (Masuda & Jones, 2006)

VDR ekspressiooni tuvastamise tõttu skeletilihaskoes peetakse tõenäoliseks, et D vitamiinil on oluline mõju lihaste funktsioonile ja kehalisele töövõimele (Bischoff et al., 2001). Tõenäoliselt toimib kaltsitriool skeletilihases genoomselt, reguleerides lihaste kasvu, aga teisalt ka mittegenoomselt, käivitades protsesse, mis parandavad kaltsiumi kineetikat lihasrakkudes (Ceglia, 2008; Girgis et al., 2012). *In vitro* skeletilihaste uuringud on näidanud, et C2C12 müoblastide inkubeerimisel kaltsitriooliga pidurdub müostatiini (negatiivne lihassmassi regulaator) aktivatsioon, mis tagab müoblastide suurenemise, kuid samaaegselt

väheneb ka müoblastide arvukus, mistõttu sellise füsioloogilise kohanemise täpne mõju lihasfunktsioonile ei ole selge (Girgis et al., 2014).

1.5. Vitamiin D staatuse mõju lihaste jõule ja funktsioonile

Arvestades eelpool käsitletud kaltsitriooli toimet lihasfunktsioonile raku tasandil, on alust arvata, et vitamiin D staatusega manipuleerimine võib otseselt mõjutada lihasjõudu ja kehalist töövõimet. Varasemad uuringud, mis on analüüsinud vitamiin D tasemega manipuleerimise mõju jõunäitajatele, on peamiselt läbi viidud vanemaealistega. See tuleneb paljuski asjaolust, et nii vitamiin D tase kui ka lihasjõud vähenevad vananedes (Lauretani et al., 2010) ning eakatel on leitud selge seos madala vitamiin D taseme ning langenud lihasjõu ja skeetilihaste funktsiooni vahel (Latham et al., 2003), kuid asjakohaste uuringute andmed D vitamiini mõjust on siiski vastuolulised.

Marantes et al. (2001) analüüsis 311 mehe (23-91 aastased) ja 356 naise (21-97 aastased) puhul võimalikku seost seerumi 25(OH)D taseme ja lihasmassi ning lihasjõu (käte pigistusjõud ja põlvesirutus jõumoment) vahel ega leidnud statistiliselt olulist seost. Hilisemates uuringutes on aga Foo et al. (2009) leidnud tugeva seose noorte tüdrukute 25(OH)D taseme ja käte pigistusjõu vahel ning Hamilton et al. (2014) tuvastasid professionaalsete jalgpallurite näitel, et alla 25 nmol/l seerumi 25(OH)D kontsentratsiooniga mängijatel oli oluliselt madalamad reie nelipealihase jõumomendi näitajad kui üle 50 nmol/l tasemega mängijatel.

Tulemused on vastuolulised ka uuringute puhul, kus on sihipäraselt manipuleeritud vitamiin D tasemega võimaliku lihasfunktsiooni paranemise esilekutsumiseks. Flueck et al. (2016) leidis vitamiin D manustamisel (6000 TÜ päevas) <75 nmol/l 25(OH)D kontsentratsiooniga seljaajukahjustusega ratastoolisportlastele olevat märkimisväärne positiivne mõju nende mittedominantse ülajäseme küünarliigese painutajalihaste isomeetrilistele ja kontsentrilistele jõunäitajatele 12-nädala pikkuse uuringu käigus. Kuid Rosendahl-Riise et al. (2017) süstemaatilise ülevaate näitel ei mõjuta vitamiin D manustamine koos kaltsiumiga üle 65-aastastel märkimisväärselt käte pigistusjõudu ega kõnnitesti tulemusi. Ka Stockton et al. (2011) ei leidnud vitamiin D manustamisel mõju mõõduka hüpovitaminoosiga (<50 nmol/l) indiviidide käte pigistusjõule ning põlvesirutus ja –painutus jõunäitajatele, küll aga oli vitamiin D manustamisest märkimisväärne kasu proksimaalsete-, sääre- ja käelihaste jõunäitajate paranemisele indiviididel, kelle 25(OH)D tase seerumis oli <25 nmol/l. Sarnast tendentsi on täheldanud ka Close et al. (2013b), kes leidsid, et igapäevase 5000 TÜ vitamiin D manustamine 8-nädala vältel parandas statistiliselt olulisel

määral madala 25(OH)D tasemega (~25 nmol/l) sportlaste 10m sprindi aega ja vertikaalhüppe sooritust. Samas kerge vitamiin D hüpvitaminoosi (51-53 nmol/l) tunnustega sportlastel 6-nädala jooksul vitamiin D manustamine (20 000 või 40 000 TÜ nädalas) hoolimata märkimisväärselt tõusnud seerumi 25(OH)D tasemest täiendavat efekti sprindikiirusele, käe- või jalalihaste maksimaaljõule ega vertikaalhüppe tulemusele ei andnud (Close et al., 2013a). Ka kõrgematel vitamiin D manustatavatel kogustel (10 000 TÜ päevas) ei leidnud Owens et al. (2014) 3 kuu jooksul vitamiin D defitsiitsete meeste jõunäitajatele märkimisväärsed mõju olevat.

Vitamiin D võimalikku lihasmassi ja jõudu parandavat toimet on mitmete autorite poolt põhjendatud selle võimaliku mõjuga testosteroonitasemele. Wang et al. (2015) näitasid positiivset korrelatsiooni täiskasvanud meeste seerumi 25(OH)D ning testosterooni taseme vahel ning on leitud isegi, et testosteroonitase järgib aasta lõikes sarnast muutuste mustrit nagu 25(OH)D tase (Wehr et al., 2010). Samas Välimäki et al. (2004) ja Lerchbaum et al. (2014) selliseid tulemusi nooremate meeste puhul ei kinnita. Küll aga on leidnud Anic et al. (2016) 20-39 aastaste meeste testosterooni ja 25(OH)D taseme vahel olulise seose. Antud seose teeb oluliseks asjaolu, et testosterooni supressiooni korral võib väheneda jõutreeninguga saavutatav lihaste hüpertroofia ulatus (Kvorning et al., 2006).

1.6. Vitamiin D staatus ja jõutreeningu efektiivsus

Agergaard et al. (2015) analüüsisid, kuidas vitamiin D manustamine (48 µg) mõjutab lihaste arengut 12-nädalase reielihaste jõutreeningu puhul noortel (20-30 aastased, n=20) ja vanemaealistel (60-75, n=20) normaalse 25(OH)D tasemega meestel. Uuringu käigus tõusis märkimisväärselt vereseerumi 25(OH)D tase nii noorte kui ka vanemaealiste vitamiin D gruppides võrreldes kontrollgruppidega. Paremad tulemused olid ka isomeetrilise lihasjõu ja lihashüpertroofia näitajates, kuid mitte D-vitamiini ja platseebogruppide võrdluses. Siiski leiti, et vitamiin D manustamine, kombineerituna 12-nädalase lihasjõu treeninguga, võib põhjustada just nooremate meeste hulgas IIa tüüpi lihaskiudude mahu suurenemise skeetilihaste koosseisus ning vähendada müostatiini mRNA ekspressiooni. Vitamiin D märkimisväärse toime puudumist jõunäitajatele ja treeningu efektiivusele võrreldes kontrollgruppidega on täheldanud veel ka kaks vanemaealistega läbiviidud uuringut (Bunout et al., 2006; Verschueren et al., 2011), kuid olenemata vitamiin D puuduvast lisatoimest jõunäitajatele, leidis Bunout et al. (2006) sellel olevat võimalik positiivne mõju vanemaealiste kõnnikiirusele ja tasakaalule. Mõlemas uuringus manustatud vitamiin D kogused olid üsna madalad (400-1600 TÜ päevas).

Carillo et al. (2013) leidis, et vitamiin D manustamisel (4000 TÜ/päevas) ülekaalulistele ja rasvunud noortele täiskasvanutele 12-nädalase jõutreeningu vältel, suurenes statistiliselt olulisel määral sekkumisgrupi lihasvõimsus nelja nädala möödudes, mille potentsiaalseks mehhanismiks võis olla II tüüpi lihaskiudude funktsiooni paranemine. Samas selgus, et 12. nädalal gruppide vahel märkimisväärselt lihasvõimsuse erinevust enam polnud, viidates võimalikule vitamiin D pikemaajalise toime puudumisele jõutreeningu suhtes või oli treeningust tulenev lihasfunktsiooni paranemine piisav, et varjata vitamiin D täiendav toime.

Wyon et al. (2014) manustasid mees- ja naissoost balletitantsijatele 2000 TÜ vitamiini päevas või platseebot 4 kuu vältel. Vitamiin D mõjul suurenes reie nelipealihase maksimaalne isomeetriline jõud oluliselt enam kui platseebo manustamise korral, samuti esines vitamiin D grupis uuringuperioodil oluliselt vähem vigastusi kui platseebogrupis. Kahjuks puuduvad andmed selle kohta, milline oli kaltsiidooli tase balletitantsijate veres uuringus osalemise ajal.

Vitamiin D mõju on uuritud ka taastumisprotsessidele, mis on treeningu efektiivistamise ülioluline komponent. Barker et al. (2013) manustasid igapäevaselt 4000 TÜ kolekaltsiferooli 35 päeva vältel keskmise kehalise aktiivsusega meestele, mis märkimisväärselt parandas intensiivse treeningu järgselt lihasjõu taastumist (24h pärast) võrreldes kontrollgrupiga, samuti leiti vitamiin D manustamisel olevat lihaskahjustust iseloomustavate vere biomarkerite kohest ja hilisemat taseme suurenemist ärahoidev mõju. Vitamiin D täiendava tarbimise positiivne efekt taastumisprotsessidele on seda tähelepanuväärsem, et antud uuringu vaatlusaluste 25(OH)D seerumi lähtetasemes ei esinenud hüpovitaminoosi tunnuseid.

Kokkuvõttes nähtub kirjandusest, et vitamiin D toidulisandina manustamise võimalikku mõju jõutreeningu efektiivsusele on vähe uuritud, eriti noortel treenimata vitamiin D hüpovitaminoosiga meestel. Ühe uuringu (Agergaard et al., 2015) andmetel vitamiin D manustamisega jõutreeningu ajal suuremat jõu juurdekasvu noortel meestel ei kaasne. Samas võis selle põhjuseks olla asjaolu, et uuritud meeste seerumi kaltsiidooli tase näitas nende normaalset vitamiin D staatust juba uuringu algul. Teine uuring (Wyon et al., 2014), kus osales nii noori mehi kui ka naisi, näitab 4-kuulise vitamiin D manustamise positiivset mõju reie nelipealihase maksimaalsele jõule, kuid selles osalenute vitamiin D staatuse kohta puuduvad kindlad andmed. Samas vitamiin D manustamine vähendab lihase kasvu pärssiva regulaatori müostatiini mRNA ekspressiooni (Agergaard et al., 2015), stimuleerib treeningujärgseid taastumisprotsesse lihases (Barker et al., 2013) ja vähendab vigastuste esinemissagedust (Wyon et al., 2014), mis lubab eeldada, et vitamiin D manustamine vitamiin D hüpovitaminoosiga noortele meestele võib siiski nende jõutreeningu efektiivsust parandada.

2. TÖÖ EESMÄRK JA ÜLESANDED

Käesoleva uurimistöö eesmärk oli kontrollida hüpoteesi, mille kohaselt vitamiin D manustamine toidulisandina jõutreeninguga tegelevatele D-vitamiini vaeguses noortele treenimata meestele suurendab treeningu efektiivsust, mis väljendub lihaste jõu ulatuslikumas suurenemises.

Eesmärgi saavutamiseks seati uurimistööle järgmised ülesanded:

1. Võrrelda seerumi 25(OH)D kontsentratsiooni muutuste dünaamikat kahes uuritavate grupis: neil, kes manustasid samaaegselt jõutreeningu programmis osalemisega talvest varakevadeni regulaarselt toidulisandina vitamiini D ja neil, kes manustasid samal ajavahemikul platseebot.
2. Võrrelda jõunäitajate muutusi kahes nimetatud grupis 12-nädalases jõutreeningu programmis osalemise vältel.

3. TÖÖ METOODIKA

3.1. Vaatlusalused

Uuringu vaatlusalusteks olid 30 meessoost isikut vanuses 18-30 aastat, kes osalesid kokku 4-kuulises jõutreeningu programmis. Uuringusse arvamise kriteeriumid olid: osalejate seerumi 25(OH)D tase <60 nmol/l, ei ole kasutanud omaalgatuslikult toidulisandina vitamiini D, ei oleks võistlussportlased ega tegelenud viimase aasta jooksul enam kui kaks kuud süstemaatilise jõutreeninguga ning tervisega seotud vastunäidustuste, näiteks krooniliste haiguste, puudumine. Uuringusse värvati 30 meessoost isikut, kuid 5 osalejat arvati välja, kuna nad osalesid alla 80% treeningutest. Uuringus osalemisest loobuti ajapuuduse ($n=4$) ja uuringuga mitteseotud terviseprobleemi tõttu ($n=1$). Lõpptulemustes kajastusid 25 vaatlusaluse andmed, 12 osalejat platseebo grupis (PLC) ning 13 osalejat vitamiin D grupis (vit-D).

Vaatlusalused kinnitasid allkirjaga nõusoleku uuringus vabatahtlikult osalemiseks. Uuring on kooskõlastatud Tartu Ülikooli inimuuringute eetikakomiteega: protokollid nr. 262/T24, 19.09.2016 ja nr. 265/M-27, 19.12.2016.

Tabel 1. Uuritavate vanus ja antropomeetrilised näitajad ($X \pm SD$)

Näitaja	Kõik uuritavad ($n = 25$)	PLC grupp ($n = 12$)	Vit-D grupp ($n = 13$)
Vanus (a)	$24,0 \pm 2,4$	$24,0 \pm 2,7$	$24,0 \pm 2,3$
Pikkus (m)	$1,834 \pm 0,059$	$1,845 \pm 0,057$	$1,823 \pm 0,062$
Keha mass (kg)	$80,48 \pm 9,35$	$81,26 \pm 9,60$	$79,76 \pm 9,44$
Kehamassi indeks (kg/m^2)	$23,9 \pm 2,5$	$23,9 \pm 2,7$	$24,0 \pm 2,4$

Ühegi näitaja puhul statistiliselt olulist erinevust gruppide vahel pole ($p > 0,05$)

3.2. Uuringu korraldus

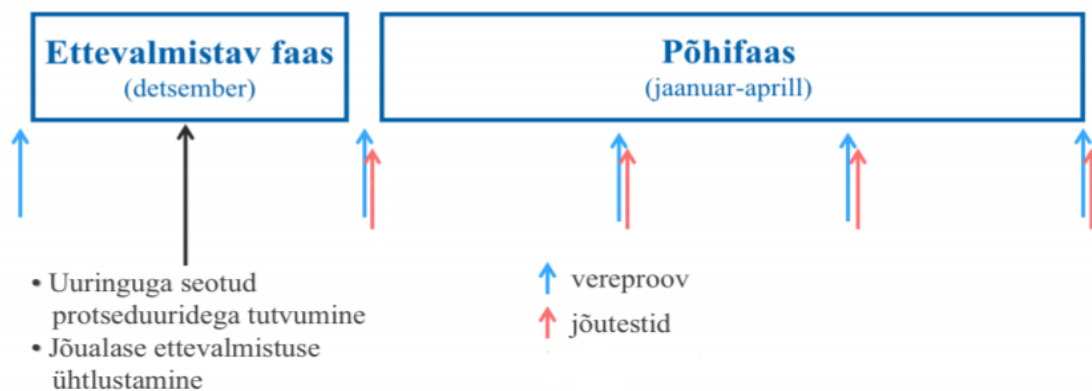
Käesoleva uuringu toimumiskohtadeks olid Tartu Ülikooli sporditeaduste ja füsioteraapia instituudi spordifüsioloogia laboratoorium (Jakobi 5, Tartu) ning Tartu Ülikooli Spordihoone (Ujula 4, Tartu).

Uuring koosnes 4-nädalasest sissejuhatavast faasist, mille eesmärgiks oli osalejate jõualase ettevalmistuse ühtlustamine ja treeningharjutuste korrektse tehnika õppimine, ning

12-nädalasest jõutreeningu põhifaasist, kus viidi läbi ka osalejate jõu- ja verenäitajate mõõtmised (joonis 1). Uuringu läbiviimine oli teadlikult planeeritud ajavahemikule (november-aprill), mille vältel vitamiin D hüpovitaminoosi levimus Eestis on väga kõrge (Kull et al., 2009; Ööpik et al., 2016).

Enne uuringu algust toimus iga osaleja ja uuringu läbiviija vahel personaalne vestlus, kus tutvustati uuringu eesmärke ja meetodeid. Vestlus sisaldas küsimusi osalejate eelnevast kokkupuutest süstemaatilise jõutreeninguga ning vitamiin D tarbimisega. Lisaks määrati osalejatele sobivad ajad antropomeetriliste mõõtmiste ja vereproovide läbiviimiseks.

Uuringusse sobivad vaatlusalused jagati randomiseeritult kahte gruppi – eksperimentaalgruppi (vit-D grupp) ja kontrollgruppi (PLC grupp). Eksperimentaalgrupis ja kontrollgrupis osalejatele jagati põhifaasi alguseks samasuguse väljanägemisega karbid, mis sisaldasid kogu uuringu perioodiks vajaminevaid kapsleid, vastavalt kas D vitamiini (Vitamin D3-100, toote kood ST45851, Diafarm A/S, Taani) sisaldusega või platseebot (Placebo N100, toote kood ST47202, Diafarm A/S, Taani). Üks vitamiin D kapsel sisaldas 4000 TÜ ja igal osalejal tuli manustada kaks kapslit päevas. Platseebona kasutati toiduõli, kuid kapslid olid väljanägemiselt identsed vitamiin D kapslitega. Taastumise ja jõutreeningu efektiivistamiseks manustati osalejatele põhifaasis iga treeningu järgselt ka 20g vadakuvalku (SportLife Nutrition Whey80, Elite Fitness Oy, Soome).



Joonis 1. Uuringu korralduse skeem

Jõutreeningu põhifaasis oli kokku 36 treeningut, mis toimusid kolm korda nädalas 12 nädala vältel. Treeningud toimusid teisipäeviti, neljapäeviti ning laupäeviti või pühapäeviti, enamjaolt nii hommikuses kui ka õhtuses vahetuses vastavalt osalejate eelistustele.

Treeninggrupi suurus oli keskmiselt 9 inimest. Kõiki treeninguid viis läbi ja jälgis vastava pädevusega uuringu korraldusgrupi liige. Jõuharjutustele eelnes 5-10 minutiline üldine soojendus joostes, sõude- või veloergomeetril. Sissejuhatava faasi ja põhifaasi harjutuste seeriatega, kordustega ning raskustega vahemik oli järgnev:

Sissejuhatav faas (4 nädalat):

- 1) **Nädal -4**, 2 seeriat, 15-20 kordust;
- 2) **Nädal -3**, 2 seeriat, 15-20 kordust;
- 3) **Nädal -2**, 3 seeriat, 15-20 kordust;
- 4) **Nädal -1**, 3 seeriat, 12-15 kordust;

Põhifaas (12 nädalat):

- 1) **Nädal 1-6**, 3 seeriat, 12-15 kordust, raskus 60-75% 1KM testi tulemusest;
- 2) **Nädal 7-12**, 3 seeriat, 8-12 kordust, raskus 75-85% 1KM testi tulemusest.

Puhkepausid harjutuste vahel olid 2-3 minutit. Raskuseid tõsteti, kui osaleja suutis sooritada maksimaalse ettenähtud arvu kordusi antud nädalal ning alandati, kui osaleja ei suutnud sooritada ettenähtud raskusega miinimum arvu kordusi konkreetsel nädalal.

Jõusaali harjutusprogrammis oli kokku seitse kogu keha haaravat harjutust (Lisa 1). Harjutused olid järgmised: rinnalihase harjutus (ingl. *chest press modification*), jalapress (ingl. *leg press*), õlavarre kakspealihase harjutus (ingl. *biceps curl*), õlavarre kolmpealihase harjutus (ingl. *triceps push-down*), tõmme ülalt rinnale (ingl. *lateral pulldown*), reie nelipealihase harjutus (ingl. *knee extension*), tõmme eest rinnale (ingl. *seated row*) (Levinger et al., 2009). Rinnalihaste harjutuse jaoks kasutati Technogym Silverline masinat. Reie nelipealihase harjutuse jaoks Icarian Model 605 Leg Extension masinat. Jalapressi tehti masinal David 14 ja ülejäänud neli harjutust (kangi ülalt rinnale tõmbamise harjutust, kangi eest rinnale tõmbamise harjutust, õlavarre kaks- ja kolmpealihase harjutusi) tehti masinal Icarian CW2137, mis oli kombineeritud kokku neljast erinevast trenažöörist.

Antud magistritöö on osa suuremast uuringust. Käesoleva töö autori peamiseks ülesanneteks oli jõutreeningute juhendamine ning antropomeetriliste mõõtmiste ja jõunäitajate hindamise läbiviimine, samuti statistiliste ja teoreetiliste andmete analüüs.

3.3. Uurimismeetodid

3.3.1. Antropomeetrilised mõõtmised

Uuritavate antropomeetrilised mõõtmised teostati Tartu Ülikooli spordifüsioloogia laboris (Jakobi 5, Tartu). Vaatlusaluste keha pikkuse ja massi mõõtmised teostati stadiomeetri

ja elektroonilise kaalu (CH3G-150I Combics, Sartorius AG, Goettingen, Germany) abil täpsusega 0,1 cm ja 0,001 kg vastavalt. Vaatlusaluste antropomeetrilised andmed on välja toodud tabelis 1.

3.3.2. Biokeemiliste parameetrite määramine

Uuringu alguses (eeluuring) ning iga 4 nädala möödudes võeti osalejatelt veenivere proovid biokeemiliste parameetrite määramiseks. Määratavad biokeemilised parameetrid olid vitamiin D ja testosteroon. Vitamiin D taseme analüüsimeetodiks kasutati kemoluminestsents-immuunmeetodit (CMIA), millega hinnati uuringus osalejate 25(OH)D kontsentratsiooni veres. Analüüsid telliti Sihtasutus Tartu Ülikooli Kliinikum Ühendlaborist (L. Puusepa 8, Tartu).

3.3.3. Jõutreeningu efektiivsuse hindamine

Treeningu efektiivsuse hindamise kriteeriumiks oli testimisel registreeritavad jõunäitajad ning nende paranemise dünaamika treeningu käigus. Lihasjõudu hinnati 5 kordusmaksimumi testi tulemuste alusel, mis teostati põhifaasi eel, põhifaasi esimese ja teise kuu lõpus ning kohe vahetult peale põhifaasi lõppu. Nimetatud test seisnes kõigi seitsme treeningul kasutatava harjutuse sooritamises, mille käigus tuvastatakse maksimaalne raskus, millega indiviid suudab igat konkreetset harjutust korrata viis korda ning nende tulemuste kaudu tuletati ühe kordusmaksimumi (1 KM) raskus. (Baechle & Earle, 2008)

3.4. Andmete statistiline analüüs

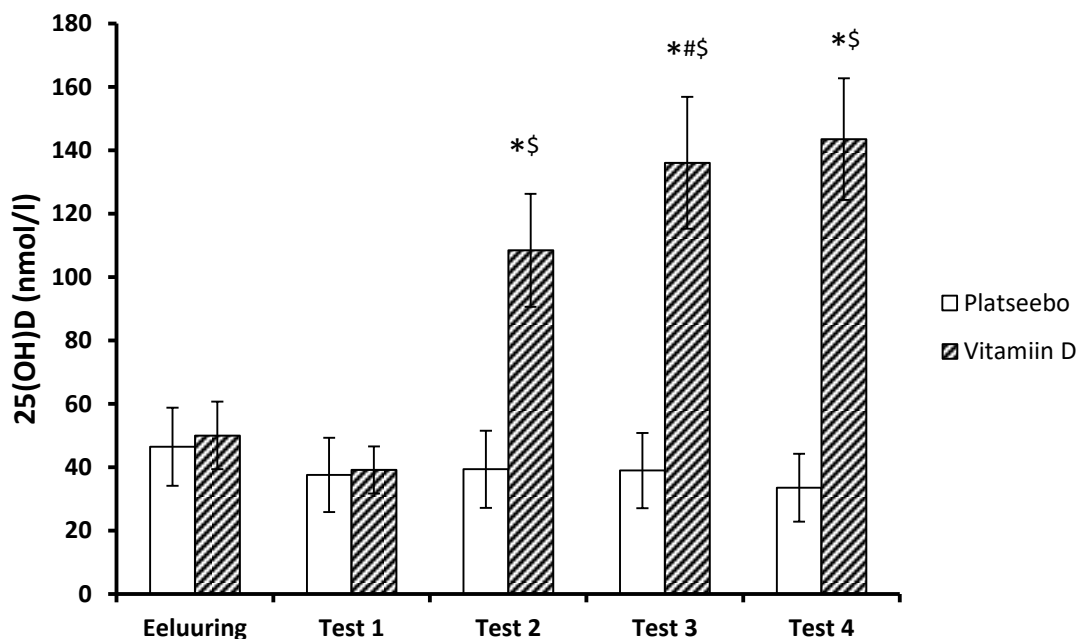
Andmete statistiliseks töötlemiseks kasutati tarkvaraprogrammi Statistica 13. Arvutati erinevate parameetrite aritmeetiline keskmine ja standardhälve. Andmete normaaljaotust kontrolliti Kolmogorov-Smirnovi testiga. Grupisestest ja gruppidevahelistest erinevustest statistilise olulisuse hindamiseks kasutati kahefaktorilist (grupp x test) korduvmõõtmistega dispersioonanalüüsi (ANOVA). Klassifitseeriv faktor "grupp" omas kaht taset (PLC vs vit-D), faktor „test“ nelja taset (Test 1–Test 4). Keskväärtuste paariviisiliseks võrdlemiseks kasutati Tukey HSD testi. Keskliste väärtuste erinevus loeti statistiliselt oluliseks $p < 0,05$ korral.

4. TÖÖ TULEMUSED

4.1. Vere biokeemilised parameetrid

Uuritavate, nii PLC kui ka Vit-D grupi, testosteroonitaseme muutustes (test 1 – test 4) statistiliselt olulist erinevust ei olnud. PLC ja vit-D grupi testosteroonitasemed olid uuringu alguses vastavalt $24,0 \pm 8,8$ nmol/l ja $22,7 \pm 6,6$ nmol/l ning uuringu lõpus $24,8 \pm 6,4$ nmol/l ja $23,2 \pm 8,9$ nmol/l.

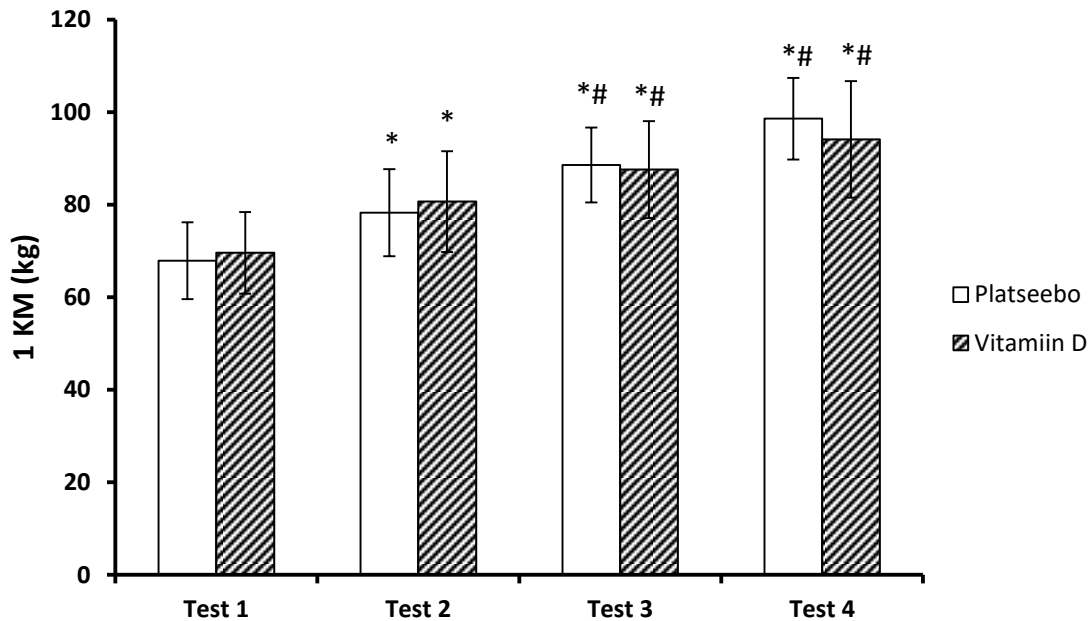
Vitamiin D taseme hindamisel tuleb arvestada, et vitamiin D-d hakati sekkumisgrupile manustama alles põhifaasis (peale test 1). Ühe, kahe ja kolme kuu möödudes põhifaasi algusest ehk test 2, test 3 ja test 4 puhul, oli vitamiin D grupi 25(OH)D kontsentratsioon seerumis märkimisväärselt tõusnud võrreldes test 1-ga (joonis 2). Test 2, test 3 ja test 4 vitamiin D grupi 25(OH)D kontsentratsiooni tulemused on statistiliselt olulisel määral kõrgemad platseebogrupi näitajatest ($p < 0,001$).



Joonis 2. Uuritavate 25(OH)D kontsentratsioon seerumis. Statistiliselt oluline erinevus ($p < 0,001$): * võrreldes Test 1; # võrreldes eelneva testiga; \$ võrreldes PLC grupiga.

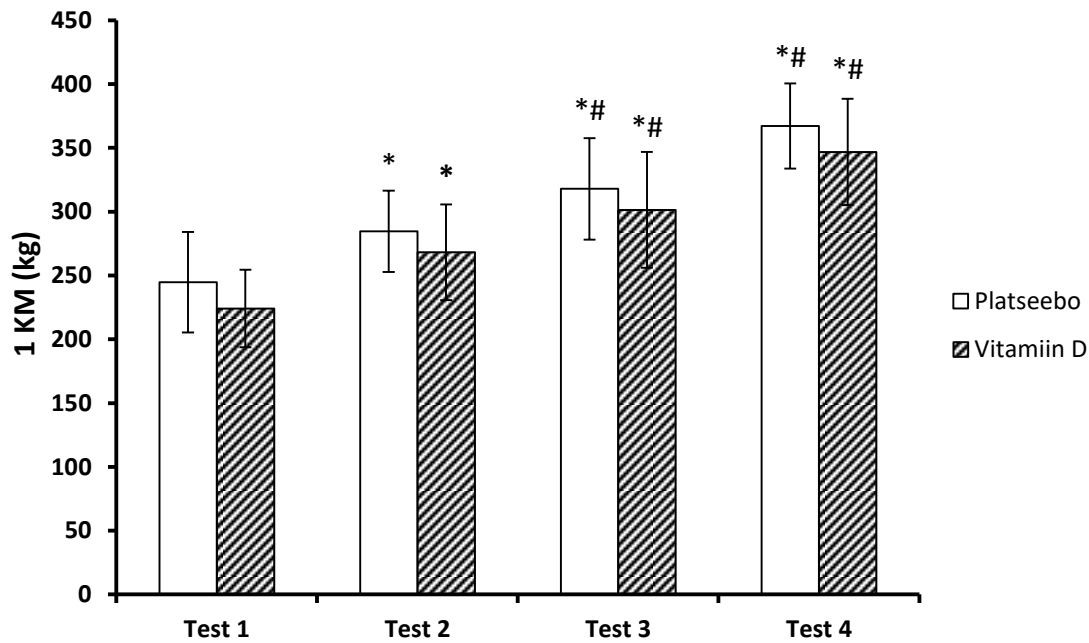
4.2. Jõunäitajad

Rinnalihaste harjutuse jõunäitajate tulemused olid mõlemas grupis iga testiga statistiliselt olulisel määral paranenud (joonis 3). Gruppidevahelises võrdluses selgus, et PLC grupi jõutulemuste muutus (test 1 – test 4) oli statistiliselt olulisel määral suurem kui vit-D grupil ($p = 0,042$), vastavalt $30,7 \pm 5,3$ kg ja $24,5 \pm 8,7$ kg. PLC grupil paranes lihasjõud 45,2% ja vit-D grupil 35% võrra.



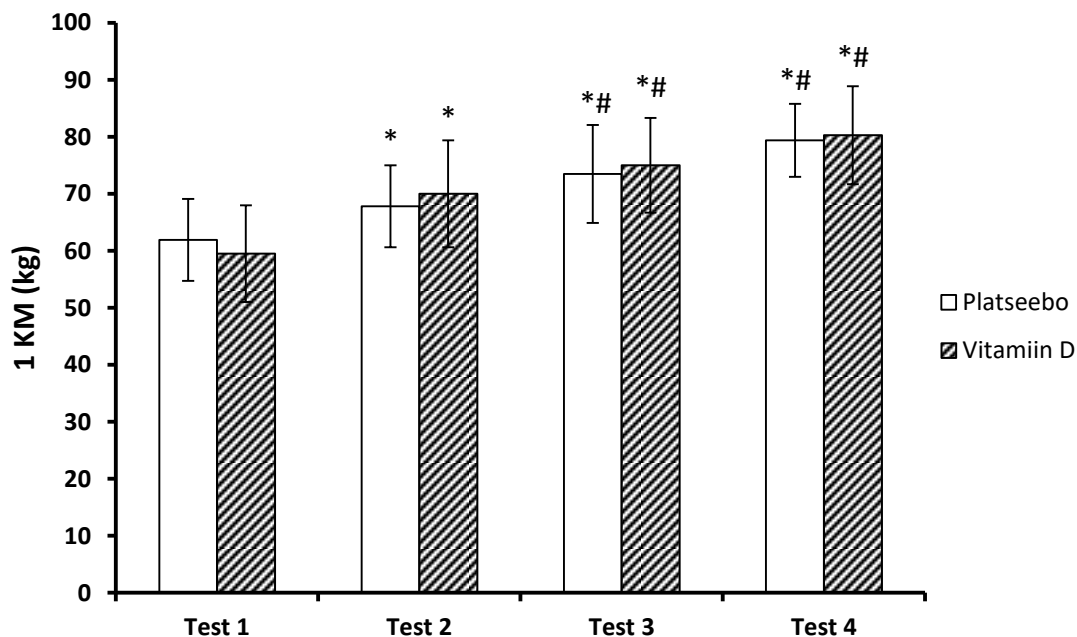
Joonis 3. Rinnalihaste harjutuse (ingl. *chest press*) jõunäitajad (keskmine \pm SD). Statistiliselt oluline erinevus ($p < 0,05$): * võrreldes Test 1; # võrreldes eelneva testiga.

Jalapressi jõunäitajate tulemused olid mõlemas grupis iga järgneva testiga statistiliselt olulisel määral ($p < 0,05$) paranenud (joonis 4). Jalapressi jõunäitajad paranesid 12 nädala jooksul vastavalt $122,5 \pm 22,6$ kg PLC grupis ja $122,7 \pm 29,8$ kg vit-D grupis, kuid test 1 kuni test 4 jõunäitajate muutus polnud gruppide vahel statistiliselt oluline. Protsentuaalselt paranes lihasjõud PLC grupis 50% ja vit-D grupis 54,7%.



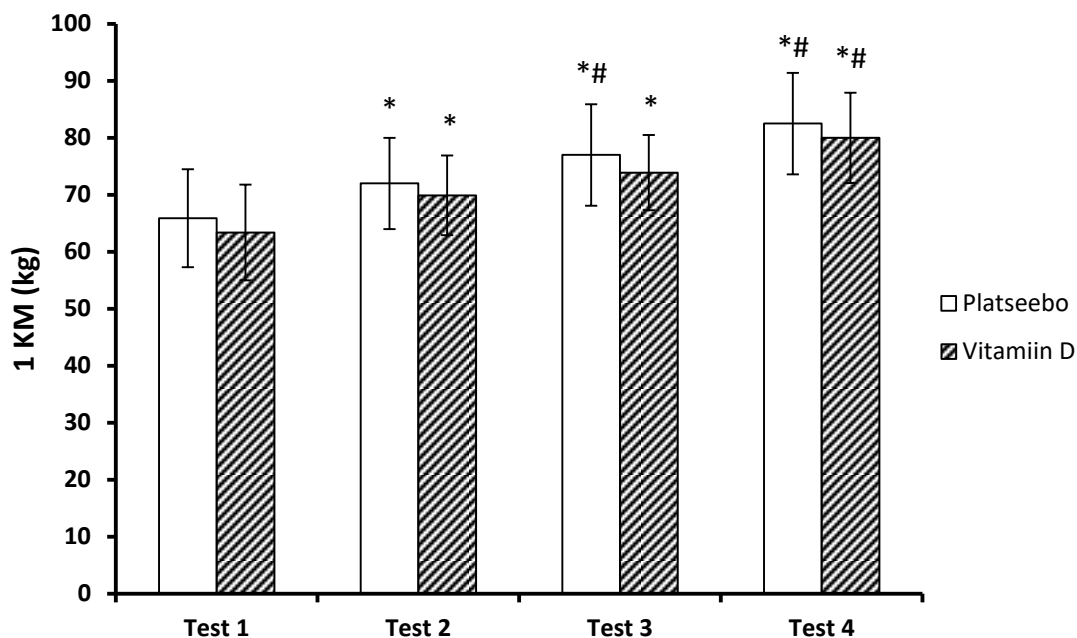
Joonis 4. Jalapressi (ingl. *leg press*) jõunäitajad (keskmine \pm SD). Statistiliselt oluline erinevus ($p < 0,05$): * võrreldes Test 1; # võrreldes eelneva testiga.

Õlavarre kolmpealihase sirutusharjutuse jõunäitajate tulemused olid samuti mõlemas grupis iga järgneva testiga statistiliselt olulisel määral paranenud ($p < 0,05$). PLC grupis paranesid jõutulemused (test 1 – test 4) 28,4% ja vit-D grupis 34,8%, kuid jõunäitajate muutustes statistiliselt olulist erinevust gruppide vahel ei olnud (joonis 5).



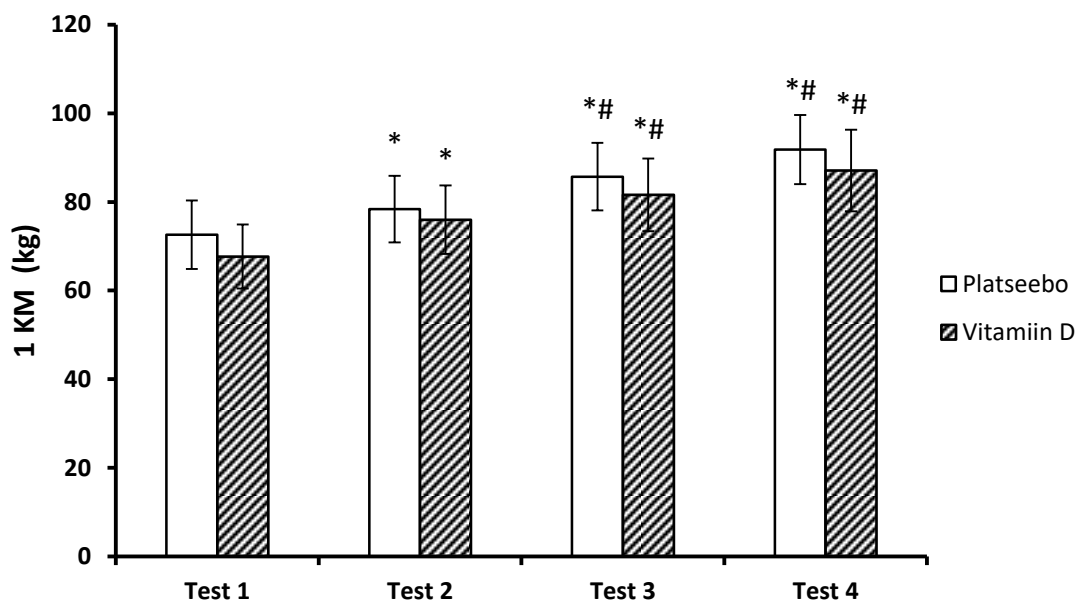
Joonis 5. Õlavarre kolmpealihase harjutuse (ingl. *triceps push-down*) jõunäitajad (keskmine \pm SD). Statistiliselt oluline erinevus ($p < 0,05$): * võrreldes Test 1; # võrreldes eelneva testiga.

Õlavarre kakspealihase harjutuse jõunäitajate tulemused olid mõlemas grupis iga järgneva testiga statistiliselt olulisel määral paranenud ($p < 0,05$), välja arvatud vit-D grupis test 2 ja test 3 vahel, kus märkimisväärset arengut ei täheldatud (joonis 6). Jõunäitajate muutustes (test 1 – test 4) olulist erinevust gruppide vahel ei esinenud. PLC grupis paranes lihasjõud 25% ja vit-D grupis 26% võrra.



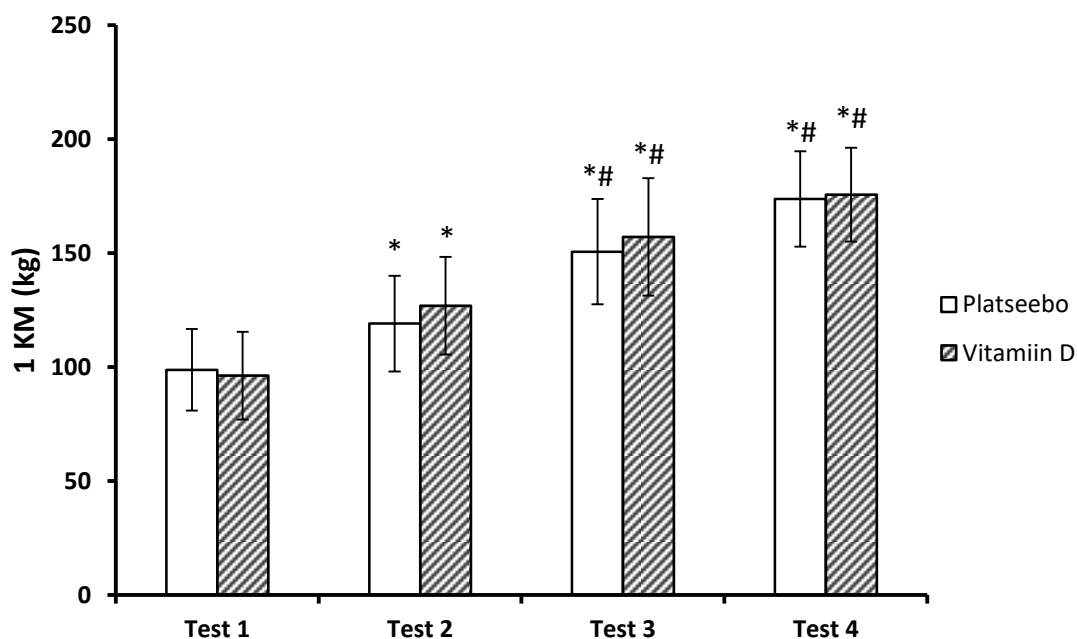
Joonis 6. Õlavarre kakspealihase harjutuse (ingl. *biceps curl*) jõunäitajad (keskmine \pm SD). Statistiliselt oluline erinevus ($p < 0,05$): * võrreldes Test 1; # võrreldes eelneva testiga.

Kangi ülalt rinnale tõmbe harjutuse jõunäitajate tulemused olid mõlemas grupis iga järgneva testiga statistiliselt olulisel määral paranenud ($p < 0,05$), kuid test 1 kuni test 4 jõunäitajate muutustes statistiliselt olulist erinevust gruppide vahel ei esinenud (joonis 7). PLC grupis paranesid jõunäitajad 26,4% ja vit-D grupis 28,6% võrra.



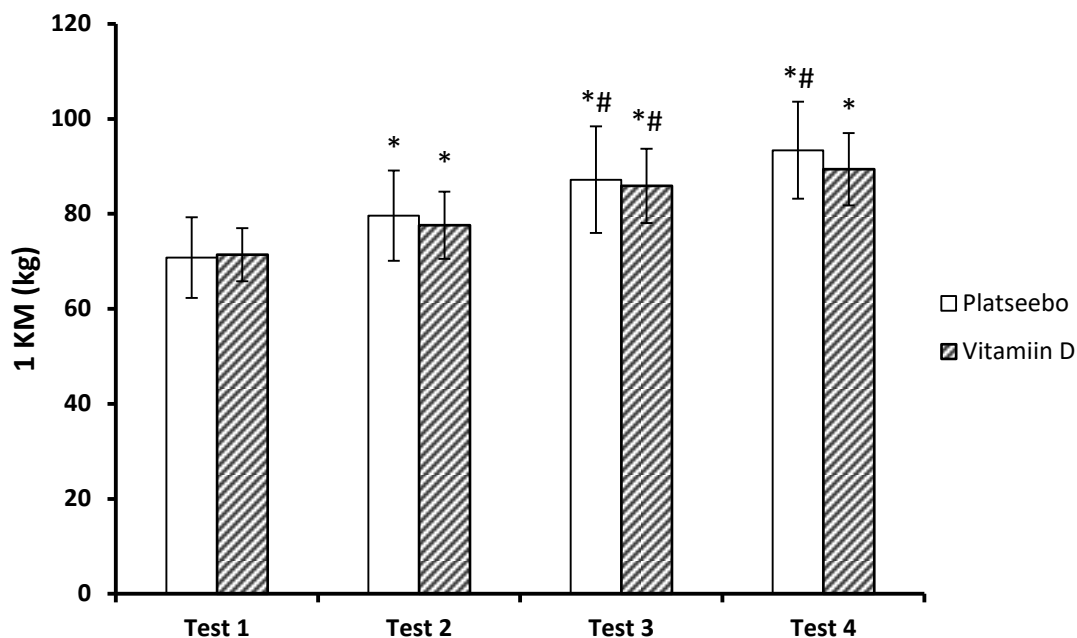
Joonis 7. Kangi ülalt rinnale tõmmete (ingl. *lateral pull-down*) jõunäitajad (keskmine \pm SD). Statistiliselt oluline erinevus ($p < 0,05$): * võrreldes Test 1; # võrreldes eelneva testiga.

Reie nelipealihase harjutuse jõunäitajate tulemused olid mõlemas grupis iga järgneva testiga statistiliselt olulisel määral paranenud ($p < 0,05$). Reie nelipealihase harjutuse puhul esines uuritavatel kõige ulatuslikum lihasjõu paranemine, vastavalt 75,8% PLC grupis ning 82,6% vit-D grupis, kuid test 1 kuni test 4 jõunäitajate muutustes statistiliselt olulist erinevust gruppide vahel ei olnud (joonis 8).



Joonis 8. Reie nelipealihase harjutuse (ingl. *knee extension*) jõunäitajad (keskmine \pm SD). Statistiliselt oluline erinevus ($p < 0,05$): * võrreldes Test 1; # võrreldes eelneva testiga.

Kangi eest rinnale tõmbe harjutuse jõunäitajate tulemused olid mõlemas grupis iga järgneva testiga statistiliselt olulisel määral paranenud ($p < 0,05$), välja arvatud vitamiin D grupis test 3 ja test 4 vahel, kus märkimisväärselt arengut ei täheldatud (joonis 9). Jõunäitajate muutustes (test 1 – test 4) olulist erinevust gruppide vahel ei esinenud. PLC grupis paranes lihasjõud 32% ning vit-D grupis 25%.



Joonis 9. Eest rinnale tõmmete (ingl. *seated row*) jõunäitajad (keskmine \pm SD). Statistiliselt oluline erinevus ($p < 0,05$): * võrreldes Test 1; # võrreldes eelneva testiga.

5. ARUTELU

Käesolev uurimistöö näitab, vitamiin D manustamine treenimata vitamiin D hüpovitaminoosiga noortele meestele ei anna positiivset lisaefekti jõutreeningu efektiivsusele. Arvestades Agergaard et al. (2015) andmeid, on selline tulemus mõnevõrra ootuspärane. Agergaard et al. (2015) tulemused näitasid 12-nädalase jõutreeningu vältel, sarnaselt käsitletavale tööle, noorte meeste seerumi 25(OH)D taseme märkimisväärset tõusu vitamiin D manustamisel ning lihasjõu ulatuslikku kasvu, kuid viimane ei olnud gruppide vahel statistiliselt olulise erinevusega. Samas, võrreldava uuringu vitamiin D manustatav kogus (1920 TÜ) ja sellest tulenevalt ka sekkumisgrupi indiviidide maksimaalne saavutatud seerumi 25(OH)D tase ($74,1 \pm 6,6$ nmol/l) olid oluliselt madalamad võrreldes käesoleva uuringuga. Tähelepanuväärne on mainitud uuringu puhul ka, et vaatlusaluste uuringusse kaasamise kriteeriumiks ei olnud vitamiin D hüpovitaminoosi esinemine, veelgi enam, isegi uuringu lõpuks ei langenud platseebogrupi 25(OH)D tase alla 50 nmol/l. Käesoleva uuringu tugevuseks võib pidada just asjaolu, et kõikide vaatlusaluste seerumi 25(OH)D kontsentratsioon oli uuringu põhifaasi alguseks <50 nmol/l ning platseebogrupil langes vastav näitaja põhifaasi lõpuks isegi 33,5 nmol/l ning 8000 TÜ igapäevase manustamise tulemusel tõusis sekkumisgrupi 25(OH)D kontsentratsioon lähtetasemega võrreldes üle 3,5 korra ($143,5 \pm 19,2$ nmol/l) – need tingimused oleksid pidanud varasemate uuringute (Heaney, 2011) andmetel looma soodsad eeldused võimaliku vitamiin D manustamise lisaefekti ilmnemise tuvastamiseks.

Käesolevas uuringus paranes lihasjõud gruppidevahelises võrdluses statistiliselt olulisel määral vaid rinnalihase harjutuse puhul ($p=0,042$). Ootustele vastupidiselt olid paremad tulemused aga PLC grupil. Olemasolevad andmed ei võimalda sisuliselt seletada, millest see tulenenud on, võimalik, et valimit suurendades antud statistiliselt oluline erinevus ei ilmneks.

Vitamiin D manustamise lisaefekti puudumisele on mitmeid seletusi. Käesoleva uuringu indiviidide seerumi 25(OH)D lähtetase (<50 nmol/l) ei pruugi mõndade autorite avastuste kohaselt olla piisavalt madal vitamiin D jõunäitajatele avalduva toime ilmnemiseks. Nimelt Stockton et al. (2011) ja Close et al. (2013b) tulemustest selgus, et vitamiin D manustamisel oli skeetilihaste funktsiooni paranemisele positiivne mõju vaid tugevalt väljendunud vitamiin D puudulikkusega vaatlusalustel. Esimese puhul indiviididel, kelle seerumi 25(OH)D kontsentratsioon oli ≤ 25 nmol/l ning Close et al. (2013b) suurel osal uuritavatest oli vastav näitaja <30 nmol/l. Käesolevas uuringus oli vitamiin D grupil vahetult

enne manustamise alustamist 25(OH)D tase $39,1 \pm 7,4$ nmol/l ning tuginedes ülalpool välja toodud uuringutele, ei pruukinud see olla piisavalt tugevalt väljendunud hüpovitaminoos, et vitamiin D mõju treeningu efektiivsusele realiseeruks. Antud uuringu valimi suurus ei võimalda ka vaatlusaluseid vitamiin D hüpovitaminoosi väljendumise tugevusstaseme järgi eri gruppidesse jagada, et seeläbi adekvaatselt mainitud seost hinnata. Samuti võivad uuringud, mis sihipäraselt taotleavad vaatlusaluste tugevalt väljendunud vitamiin D puudulikkust, minna vastuollu eetiliste printsiipidega, seades ohtu osalejate tervises seisundi.

Teiseks võimalikuks vitamiin D täiendava efekti puudumise seletuseks jõutreeningu efektiivsusele on Owens et al. (2017) väitel asjaolu, et suurte vitamiin D koguste (10 000 TÜ päevas) manustamisel suureneb lisaks varuaine 25(OH)D₃ ja bioloogiliselt aktiivse metaboliidi 1,25(OH)₂D₃ kontsentratsioonile ka 24,25(OH)₂D₃ kontsentratsioon seerumis (Owens et al., 2017). On tõendeid, et 24,25(OH)₂D metaboliit võib toimida VDR-itele kui „blokeeriv molekul“ seondudes VDR-itega ja vähendades seeläbi 1,25(OH)₂D aktiivsust (Curtis et al., 2014). Seega võis antud uuringus vitamiin D seerumi kontsentratsiooni järsk ja ulatuslik tõus käivitada organismi kaitsereaktsiooni, mis piiras vitamiin D aktiivse metaboliidi, 1,25(OH)₂D, toime avaldumise potentsiaali ja seeläbi ka jõutreeningule avalduvat võimalikku lisaefekti, eriti arvestades, et mainitud uuringus manustati vitamiin D-d sarnaselt käesoleva uurimistööga. Owens et al. (2017) sõnul võib taolise negatiivse regulaatori produktsiooni vähendada vitamiin D väikeste koguste sage (päeva lõikes) manustamine, kuid täpse vitamiin D soovitatavate manustamise koguste ja sageduse kohta, et saavutada nii 25(OH)D₃ kui ka 1,25(OH)₂D₃ taseme tõus, vältides samal ajal 24,25(OH)₂D₃ kontsentratsiooni suurenemist, on vaja edasisi uuringuid.

Käesolevas uuringus tõusis ootuspäraselt vitamiin D grupi seerumi 25(OH)D kontsentratsioon lühikese aja jooksul lihashüpertroofia parandamiseks soovitatavasse vahemikku ning püsis antud vahemikus kogu uuringu vältel, samuti paranesid märkimisväärselt mõlema grupi jõunäitajate tulemused kõikide seitsme harjutuse puhul, kuid vitamiin D manustamine vaatlusaluste üldises testosteroonitasemes muutusi esile ei kutsunud. Lähtetasemega võrreldes suurenesid platseebogrupi ja vitamiin D grupi testosteroonitase vaid $0,81 \pm 5,21$ nmol/l ja $0,49 \pm 6,46$ nmol/l võrra. Sellised tulemused ühtivad Välimäki et al. (2004) ja Lerchbaum et al. (2014) järeldustega, et noorte meeste puhul 25(OH)D ja testosteroonitaseme vahelist seost ei esine. Käesolevas uuringus ei ole mõõdetud treeningueelset ega -järgset akuutset testosteroonitaseme võimalikku erinevust ning vitamiin D võimalikku mõju nende näitajate dünaamikale. Arvestades näiteks Rønnestad et al. (2011) tulemusi, et testosteroonitaseme sihiliku füsioloogilise (alajäsemete jõuharjutustega

saavutatava) tõstmisega kaasneb ülajäsemete jõutreeningu käigus oluliselt ulatuslikum lihashüpertroofia, võrreldes treeningutega, kus testosteroonitaset eelnevalt sihipäraselt ei mõjutata, oleks võimaliku vitamiin D toime avastamisel (akuutse testosteroonitaseme muutuste esilekutsumisele) jõutreeningu efektiivistamise vaatepunktist oluline väärtus.

Uuringut limiteeriva faktorina tasub arvestada, et jõunäitajate hindamiseks kasutatud kordusmaksimumi testi puhul võib kaasneda mõõtmisvigu, testi täpsuseks on oluline osalejate tutvumine korrektse sooritamise tehnikaga ja läbiviija kogemus (Hopkins, 2000). Arvestades, et antud uurimistöös viisid kordusmaksimumi teste läbi vaheldumisi kolm erinevat uuringugrupi liiget, võis see testi täpsust negatiivselt mõjutada. Samuti tuleks uuringu tulemuste põhjal üldistuste tegemiseks suurendada vaatlusaluste valimit. Huvitav oleks sarnase uurimistöö tulemusi võrrelda ka teistsuguste vanusegruppidega, näiteks kesk- ja vanemaealiste ning naiste hulgas.

Samuti võib spekuloida, kas 12-nädalane jõutreening on piisavalt pikk aeg, et avalduks vitamiin D võimalik täiendav toime müogeensele adaptatsioonile ehk lihashüpertroofiale. On leitud, et jõutreeningu esimese 6-8 nädala vältel saavutatud lihasjõu areng on peamiselt tingitud neuraalsest adaptatsioonist (Gabriel et al., 2006). Seega on alust arvata, et pikema treeningperioodi vältel oleksid lihaste morfoloogilised muutused suuremad ja võimalik vitamiin D mõju selgemini tuvastatav.

6. JÄRELDUSED

1. Vitamiin D manustamine koguses 8000 TÜ päevas tõstab noorte treenimata vitamiin D vaeguses meeste seerumis 25(OH)D taseme esimese nelja nädalaga kõrgemale kui 100 nmol/l, järgmise nelja nädala jooksul jätkub tõus aeglasemas tempos ning 8 – 12 nädalal stabiliseerub tasemel ligikaudu 135 – 145 nmol/l.
2. Vitamiin D manustamine koguses 8000 TÜ päevas ei taga täiendavat lihasjõu juurdekasvu 12-nädalase jõutreeningu ajal.

KASUTATUD KIRJANDUS

1. Adamec J. Development and optimization of an LC-MS/MS-based method for simultaneous quantification of vitamin D2, vitamin D3, 25-hydroxyvitamin D2 and 25-hydroxyvitamin D3. *Journal of Separation Science* 2011; 34(1): 11–20.
2. Adams JS, Hewison M. Unexpected actions of vitamin D: new perspectives on the regulation of innate and adaptive immunity. *National Clinical Practice Endocrinology Metabolism* 2008; 4(2): 80–90.
3. Agergaard J, Trøstrup J, Uth J, Iversen JV, Boesen A, et al. Does vitamin-D intake during resistance training improve the skeletal muscle hypertrophic and strength response in young and elderly men?—a randomized controlled trial. *Nutrition & metabolism* 2015; 12(1): 32.
4. Anic GM, Albanes D, Rohrmann S, Kanarek N, Nelson WG, et al. Association between serum 25-hydroxyvitamin D and serum sex steroid hormones among men in NHANES. *Clinical endocrinology* 2016; 85(2): 258-266.
5. Baechle TR, Earle RW. *Essentials of Strength Training & Conditioning*. 3rd ed. Champaign, Illinois: Human Kinetics; 2008.
6. Barker T, Schneider ED, Dixon BM, Henriksen VT, Weaver LK. Supplemental vitamin D enhances the recovery in peak isometric force shortly after intense exercise. *Nutrition & Metabolism* 2013; 10: 69.
7. Bergwitz C, Juppner H. Regulation of phosphate homeostasis by PTH, vitamin D, and FGF23. *Annual Review of Medicine* 2010; 61: 91-104.
8. Bikle DD. Vitamin D metabolism, mechanism of action, and clinical applications. *Chemistry & biology* 2014; 21(3): 319-329.
9. Bischoff HA, Borchers M, Gudat F, Duermueller U, Theiler R, et al. In situ detection of 1, 25-dihydroxyvitamin D receptor in human skeletal muscle tissue. *The Histochemical Journal* 2001; 33(1): 19-24.
10. Bunout D, Barrera G, Leiva L, Gattas V, de la Maza MP, et al. Effects of vitamin D supplementation and exercise training on physical performance in Chilean vitamin D deficient elderly subjects. *Experimental gerontology* 2006; 41(8): 746-752.
11. Carrillo AE, Flynn MG, Pinkston C, Markofski MM, Jiang Y, et al. Impact of vitamin D supplementation during a resistance training intervention on body composition,

- muscle function, and glucose tolerance in overweight and obese adults. *Clinical nutrition* 2013; 32(3): 375-381.
12. Ceglia L. Vitamin D and skeletal muscle tissue and function. *Molecular aspects of medicine* 2008; 29(6): 407-414.
 13. Close GL, Leckey J, Patterson M, Bradley W, Owens DJ, et al. The effects of vitamin D3 supplementation on serum total 25(OH)D concentration and physical performance: a randomized dose-response study. *British Journal of Sports Medicine* 2013a; 47: 692-696.
 14. Close GL, Russell J, Copley JN, Owens DJ, Wilson G, et al. Assessment of vitamin D concentration in non-supplemented professional athletes and healthy adults during the winter months in the UK: implications for skeletal muscle function. *Journal of Sports Sciences* 2013b; 31: 344-353.
 15. Curtis KM, Aenlle KK, Roos BA, Howard GA. 24R,25-dihydroxyvitamin D3 promotes the osteoblastic differentiation of human mesenchymal stem cells. *Molecular Endocrinology* 2014; 28(5): 644–658.
 16. Flueck JL, Schlaepfer MW, Perret C. Effect of 12-week Vitamin D supplementation on 25 [OH] D status and performance in athletes with a spinal cord injury. *Nutrients* 2016; 8(10): 586.
 17. Foo LH, Zhang Q, Zhu K, Ma G, Hu X, et al. Low vitamin D status has an adverse influence on bone mass, bone turnover and muscle strength in Chinese adolescent girls. *The Journal of Nutrition* 2009; 139: 1002-1007.
 18. Gabriel DA, Kamen G, Frost G. Neural adaptations to resistive exercise. *Sports Medicine* 2006; 36(2): 133-149.
 19. Girgis CM, Clifton-Bligh RJ, Hamrick MW, Holick MF, Gunton JE. The roles of vitamin D in skeletal muscle: form, function, and metabolism. *Endocrine reviews* 2012; 34(1): 33-83.
 20. Girgis CM, Clifton-Bligh RJ, Mokbel N, Cheng K, Gunton JE. Vitamin D signaling regulates proliferation, differentiation, and myotube size in C2C12 skeletal muscle cells. *Endocrinology* 2014; 155(2): 347-357.
 21. Hamilton B, Whiteley R, Farooq A, Chalabi H. Vitamin D concentration in 342 professional football players and association with lower limb isokinetic function. *Journal of Science and Medicine in Sport* 2014; 17: 139-143.
 22. Heaney RP. Assessing vitamin D status. *Current Opinion in Clinical Nutrition & Metabolic Care* 2011; 14: 440-444.

23. Holick MF, Binkley NC, Bischoff-Ferrari HA, Gordon CM, Hanley DA et al. Evaluation, treatment, and prevention of vitamin D deficiency: an Endocrine Society clinical practice guideline. *Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism* 2011; 96: 1911-1930.
24. Hollis BW. Assessment and interpretation of circulating 25-hydroxyvitamin D and 1, 25-dihydroxyvitamin D in the clinical environment. *Endocrinology and Metabolism Clinics* 2010; 39(2): 271-286.
25. Hopkins WG. Measures of reliability in sports medicine and science. *Sports Medicine* 2000; 30: 1–15.
26. IOM (Institute of Medicine). Committee to review dietary reference intakes for vitamin D and calcium. Dietary reference intakes for calcium and vitamin D. 2011. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK56070/>, 28.04.2018
27. Jurutka PW, Whitfield GK, Hsieh JC, Thompson PD, Haussler CA, et al. Molecular nature of the vitamin D receptor and its role in regulation of gene expression. *Reviews in Endocrinology and Metabolic Disorders* 2001; 2(2): 203–216.
28. Kull M, Kallikorm R, Tamm A, Lember M. Seasonal variance of 25-(OH) vitamin D in the general population of Estonia, a Northern European country. *BMC Public Health* 2009; 9: 22.
29. Kvorning T, Andersen M, Brixen K, Madsen K. Suppression of endogenous testosterone production attenuates the response to strength training: a randomized, placebo- controlled, and blinded intervention study. *American Journal of Physiology-Endocrinology & Metabolism* 2006; 291: 1325-1332.
30. Latham NK, Anderson CS, Reid IR. Effects of vitamin D supplementation on strength, physical performance, and falls in older persons: a systematic review. *Journal of American Geriatrics Society* 2003; 51: 1219–1226.
31. Lauretani F, Maggio M, Valenti G, Dall’Aglia E, Ceda GP. Vitamin D in older population: new roles for this “classic actor”? *Aging Male* 2010; 13: 215–232.
32. Lerchbaum E, Pilz S, Trummer C, Rabe T, Schenk M, et al. Serum vitamin D levels and hypogonadism in men. *Andrology* 2014; 2(5): 748-754.
33. Levinger I, Goodman C, Peake J, Garnham A, Hare DL, et al. Inflammation, hepatic enzymes and resistance training in individuals with metabolic risk factors. *Diabetic medicine* 2009; 26(3): 220-227.

34. Marantes I, Achenbach SJ, Atkinson EJ, Khosla S, Melton LJ, et al. Is vitamin D a determinant of muscle mass and strength? *Journal of Bone & Mineral Research* 2011; 26: 2860-2871.
35. Masuda S, Jones G. Promise of vitamin D analogues in the treatment of hyper-proliferative conditions. *Molecular Cancer Therapeutics* 2006; 5(4): 797–808.
36. Owens DJ, Tang JC, Bradley WJ, Sparks SA, Fraser WD, et al. Efficacy of High Dose Vitamin D Supplements for Elite Athletes. *Medicine and science in sports and exercise* 2017; 49: 349-356.
37. Owens DJ, Webber D, Impey SG, Tang J, Donovan TF, et al. Vitamin D supplementation does not improve human skeletal muscle contractile properties in insufficient young males. *European Journal of Applied Physiology* 2014; 114: 1309-1320.
38. Rønnestad BR, Nygaard H, Raastad T. Physiological elevation of endogenous hormones results in superior strength training adaptations. *European Journal of Applied Physiology* 2011; 111: 2249- 2259.
39. Rosendahl-Riise H, Spielau U, Ranhoff AH, Gudbrandsen OA, Dierkes J. Vitamin D supplementation and its influence on muscle strength and mobility in community-dwelling older persons: a systematic review and meta-analysis. *Journal of human nutrition and dietetics* 2017; 30(1): 3-15.
40. Ross AC, Manson JE, Abrams SA, Aloia JF, Brannon PM, et al. The report on dietary reference intakes for calcium and vitamin D from the Institute of medicine: what clinicians need to know. *Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism* 2011; 96: 53-58.
41. Snellman G, Melhus H, Gedeberg R, Byberg L, Berglund L, et al. Determining vitamin D status: a comparison between commercially available assays. *PloS one*. 2010; 5(7): e11555.
42. Stockton K, Mengersen K, Paratz JD, Kandiah D, Bennell KL. Effect of vitamin D supplementation on muscle strength: a systematic review and meta-analysis. *Osteoporosis International* 2011; 22(3): 859-871.
43. Todd JJ, Pourshahidi LK, McSorley EM, Madigan SM, Magee PJ. Vitamin D: recent advances and implications for athletes. *Sports Medicine* 2015; 45(2): 213-229.
44. Verschueren SM, Bogaerts A, Delecluse C, Claessens AL, Haentjens P, et al. The effects of whole-body vibration training and vitamin D supplementation on muscle strength, muscle mass, and bone density in institutionalized elderly women: A 6-

- month randomized, controlled trial. *Journal of bone and mineral research* 2011; 26(1): 42-49.
45. Vieth R. Vitamin D toxicity, policy, and science. *Journal of Bone & Mineral Research* 2007; 22: 64-68.
 46. Välimäki V-V, Alftan H, Ivaska KK, Löytyniemi E, Pettersson K, et al. Serum estradiol, testosterone, and sex hormone-binding globulin as regulators of peak bone mass and bone turnover rate in young Finnish men. *Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism* 2004; 89: 3785-3789.
 47. Wallace AM, Gibson SIHA, De La Hunty A, Lamberg-Allardt C, Ashwell M. Measurement of 25-hydroxyvitamin D in the clinical laboratory: current procedures, performance characteristics and limitations. *Steroids* 2010; 75(7): 477-488.
 48. Wang N, Han B, Li Q, Chen Y, Chen Y, et al. Vitamin D is associated with testosterone and hypogonadism in Chinese men: results from a cross-sectional SPET-China study. *Reproductive Biology and Endocrinology* 2015; 13: 74.
 49. Wehr E, Pilz S, Boehm BO, März W, Obermayer-Pietsch B. Association of vitamin D status with serum androgen levels in men. *Clinical Endocrinology* 2010; 73: 243-248.
 50. Wyon MA, Koutedakis Y, Wolman R, Nevill AM, Allen N. The influence of winter vitamin D supplementation on muscle function and injury occurrence in elite ballet dancers: a controlled study. *Journal of science and medicine in sport* 2014; 17(1): 8-12.
 51. Ööpik V, Timpmann S, Rips L, Olveti I, Kõiv K, et al. Anabolic Adaptations Occur in Conscripts During Basic Military Training Despite High Prevalence of Vitamin D Deficiency and Decrease in Iron Status. *Military medicine* 2017; 182(3-4): 1810-1818.

LISA 1. Jõusaali harjutuskava

Järgnevalt on illustratiivsete piltidega välja toodud jõutreeninguna kasutatud seitse harjutust. Vasakpoolsetel piltidel näide harjutuste algasendist ning parempoolsetel lõppasendist.



Foto 1. Rinnalihase harjutus (ingl. *chest press modification*)

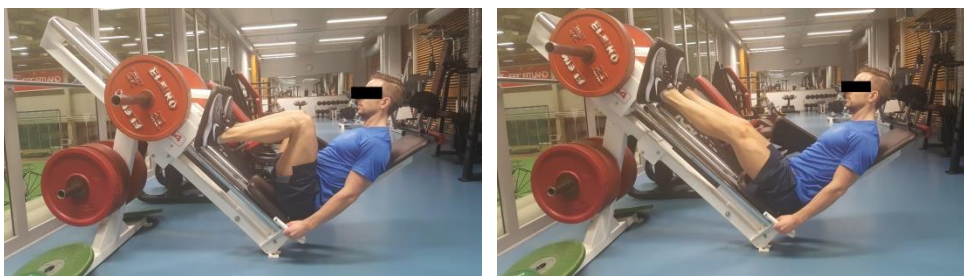


Foto 2. Jalapress (ingl. *leg press*)

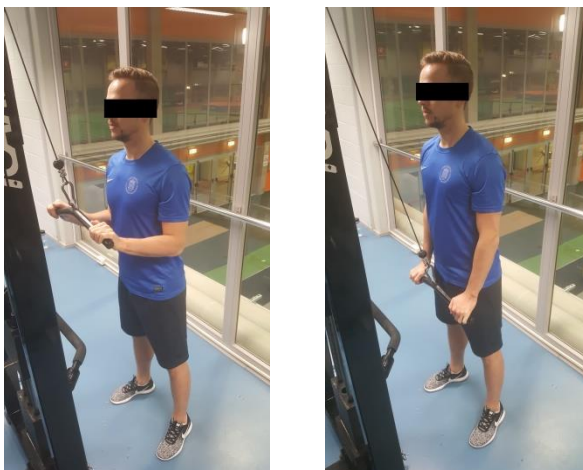


Foto 3. Õlavarre kolmpealihase harjutus (ingl. *triceps push-down*)



Foto 4. Õlavarre kakspealihase harjutus (ingl. *biceps curls*)



Foto 5. Tõmme ülalt rinnale (ingl. *lateral pull-down*)



Foto 6. Reie nelipealihase harjutus (ingl. *knee extension*)



Foto 7. Tõmme eest rinnale (ingl. *seated row*)

AUTORI LIHTLITSENTS

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

Mina,

Frederik Ross

(autori nimi)

sünnikuupäev:

09.12.1991

1. annan Tartu Ülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose

**Vitamiin D manustamise ja 12-nädalase jõutreeningu mõju lihasjõule vitamiin D
vaeguses treenimata noortel meestel**

(lõputöö pealkiri)

phD Vahur Ööpik,

(juhendaja nimi)

1.1 reprodutseerimiseks säilitamise ja üldsusele kättesaadavaks tegemise eesmärgil, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace-is lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

1.2 üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tartu Ülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace'i kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.

2. olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.

3. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Tartus, 14.05.2018